

ГУАП

КАФЕДРА № 3

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

Н.Н. Литвинова
НН
21.02.18г.

должность, уч. степень, звание

подпись, дата

Н.Н. Литвинова

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

по курсу: ОБЩАЯ ФИЗИКА

vk.com/club152685050

vk.com/id446425943

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. № _____

подпись, дата

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2018

Лабораторная работа №1

Определение электрического сопротивления

Протокол измерений

Студент группы 17из
Преподаватель

Коробков Д. В
Литвинова Н. Н

Параметры приборов

Прибор	Тип	Предел измерения	Цена деления	Класс точности	Систематическая погрешность	Внутреннее сопротивление
Вольтметр	M93	1,5 В	0,05 В	1,5	0,02 В	2500 Ом
Миллиамперметр	M93	250 мА	5 мА	1,5	4 мА	0,2 Ом
Линейка		50 см	1 мм		2 мм	

Результаты измерений

Схема А	U, В	0,50	0,70	0,81	0,88	0,95	1,05	1,15	1,20	1,35	1,40
	I, мА	80	120	130	140	150	160	180	190	210	220
Схема В	U, В	0,47	0,72	0,78	0,85	0,90	0,96	1,08	1,12	1,30	1,35
	I, мА	80	120	130	140	150	160	180	190	210	220

$$l = 0,5 \text{ м}, d = 0,36 \text{ мм.}$$

Дата

14.02.18
[Подпись]

Д. Коробков

Подпись студента

Подпись преподавателя

vk.com/club152685050

vk.com/id446425943

1) Цель работы:

- ознакомление с методикой обработки результатов измерений;
- определение электрического сопротивления провода;
- экспериментальная проверка закона Ома;
- определение удельного сопротивления нихрома;
- сравнение двух электрических схем.

2. Описание лабораторной установки.

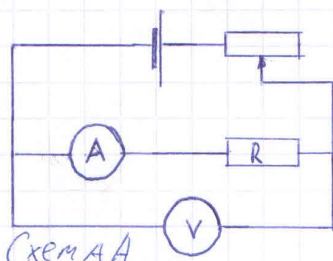


Схема А

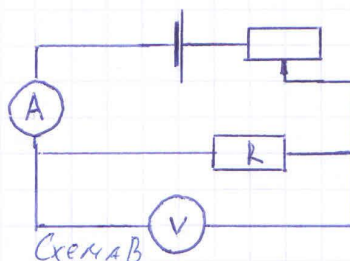


Схема В

(A) - Миллиамперметр

(V) - Вольтметр

(R) - резистор

Параметры установки

Таблица 1.

Прибор	Тип	Цена Деления	Класс точности	Предел Измерений	Систематичес- кая погрешность	Внутреннее сопротивление
Вольтметр	M93	0,05В	1,5	1,5В	0,02В	2500 Ом
Миллиам- перметр	M93	5 мА	1,5	250 мА	0,004 А	0,2 Ом
Линейка	-	1 мм	-	50 см	0,002 м	-

3. Рабочие формулы

Вычисление электрического сопротивления

Закон Ома $R = \frac{U}{I}$ (1) Для схемы А $R = \frac{U}{I} - R_A$; (2)

Для схемы В $R = \left(\frac{I}{U} - \frac{1}{R_V} \right)^{-1}$; (3)

В этих формулах R - электрическое сопротивление проводника, V - падающее напряжение на проводнике, I - сила тока в проводнике, R_A - сопротивление амперметра, R_V - сопротивление вольтметра.

$$R_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}, \text{ где } R_{\text{ср}} - \text{среднее значение сопротивления, (4)}$$

n - число измерений.

$$\rho = \frac{R_{\text{ср}} \cdot \pi \cdot D^2}{4l}, \text{ где } \rho - \text{удельное сопротивление металла, (5)}$$

l - длина провода, D - диаметр провода.

4. Результат измерений и вычислений.

Таблица 2

Схема А

$U, В$	0,50	0,70	0,81	0,88	0,95	1,05	1,15	1,20	1,35	1,40
$I, А$	0,08	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22
$U/I, Ом$	6,25	5,83	6,23	6,29	6,33	6,56	6,38	6,32	6,43	6,36
$R, Ом$	6,1	5,6	6,0	6,0	6,1	6,4	6,2	6,1	6,2	6,2
$R_A, Ом$	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2

Схема В

Таблица 3

$U, В$	0,47	0,72	0,78	0,85	0,90	0,96	1,08	1,12	1,30	1,35
$I, А$	0,08	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22
$U/I, Ом$	5,88	6,00	6,00	6,07	6,00	6,00	6,00	5,89	6,19	6,14
$R, Ом$	5,9	6,5	6,0	6,2	6,0	6,0	6,0	5,9	6,2	6,2
$R_A, Ом$	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2

$$R_{\text{ср}} = 6,09 \text{ Ом}; \rho = 1,24 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

5. Примеры вычислений

По формуле (1) $R = \frac{U}{I} = \frac{0,50}{0,08} = 6,25 \text{ (Ом)}$

По формуле (2) $R = \frac{U}{I} - R_A = \frac{0,50}{0,08} - 0,2 = 6,05 \approx 6,1 \text{ (Ом)}$

По формуле (3) $R = \left(\frac{I}{U} - \frac{1}{R_V} \right)^{-1} = \left(\frac{0,08}{0,47} - \frac{1}{2500} \right)^{-1} = (0,1702 - 0,0004)^{-1} = \frac{1}{0,1702 - 0,0004} = 5,8888 \approx 5,9 \text{ (Ом)}$

По формуле (4) $R_{\text{ср}} = \frac{6,1 + 5,6 + 6,0 + 6,0 + 6,1 + 6,4 + 6,2 + 6,1 + 6,2 + 6,2 + 5,9 + 6,5 + 6,0 + 6,2 + 6,0 + 6,0 + 6,0 + 5,9 + 6,2 + 6,2}{20} = 6,09 \approx 6,1 \text{ (Ом)}$

vk.com/club152685050

vk.com/id446425943

По формуле (5) $\rho = \frac{R_{cp} \pi D^2}{4\ell} = \frac{6,09 \cdot 3,14 \cdot (0,36 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 0,5} =$
 $\approx 1,24 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$

6. Вычисление погрешностей.

6.1. Систематические погрешности.

6.1.1 $\Theta_I = \frac{I_m K_I}{100} = \frac{0,25 \cdot 1,5}{100} = 0,00375 \approx 0,004 (A)$

6.1.2 $\Theta_U = \frac{U_m K_U}{100} = \frac{1,5 \cdot 1,5}{100} = 0,0225 \approx 0,02 (B)$

6.1.3 $\Theta_\ell = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

6.1.4 $\Theta_D = 0,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$

6.1.5 Вывод формулы для систематической погрешности косвенного измерения электрического сопротивления.

$$R = R(U, I) = \frac{U}{I} \rightarrow \Theta_R = R \left(\frac{\Theta_U}{U} + \frac{\Theta_I}{I} \right)$$

Вычисления по выводке формуле:

$$\Theta_{R_1} = R_1 \cdot \left(\frac{\Theta_U}{U_1} + \frac{\Theta_I}{I_1} \right) = 6,1 \cdot \left(\frac{0,02}{0,50} + \frac{0,004}{0,08} \right) = 6,1 \cdot 0,09 =$$

$$= 0,549 \approx 0,5 \text{ Ом}$$

$$\Theta_{R_{10}} = R_{10} \cdot \left(\frac{\Theta_U}{U_{10}} + \frac{\Theta_I}{I_{10}} \right) = 6,2 \cdot \left(\frac{0,02}{1,35} + \frac{0,004}{0,22} \right) = 6,2 \cdot 0,03 =$$

$$= 0,186 \approx 0,19 \text{ Ом}$$

В качестве систематической погрешности итогового результата берем значение, полученное при самом большем токе $\Theta_{R_{cp}} = 0,4 \text{ Ом}$.

6.1.6 Вывод формулы для систематической погрешности удельного сопротивления металла.

$$\rho = \frac{R_{cp} \pi D^2}{4\ell}; \quad \rho = \rho(R_{cp}, \ell, D); \quad \Theta_\rho = \rho \left(\frac{\Theta_R}{R} + \frac{\Theta_\ell}{\ell} + 2 \frac{\Theta_D}{D} \right).$$

Вычисления по выводке формуле:

$$\Theta_\rho = \rho \cdot \left(\frac{\Theta_R}{R} + \frac{\Theta_\ell}{\ell} + 2 \frac{\Theta_D}{D} \right) = 1,24 \cdot 10^{-6} \left(\frac{0,19}{6,09} + \frac{0,002}{0,5} + \frac{0,01 \cdot 10^{-3}}{0,36 \cdot 10^{-3}} \right) =$$

$$= 1,24 \cdot 10^{-6} \cdot (0,03 + 0,004 + 0,027) = 1,24 \cdot 10^{-6} \cdot 0,097 =$$

$$= 7,56 \cdot 10^{-8} \approx 0,08 \cdot 10^{-6} \text{ (Ом.м)}$$

случайные погрешности.

6.2.1 Средняя квадратичная погрешность отдельных измерений

$$S_R = \sqrt{\frac{(R_1 - R_{cp})^2 + (R_2 - R_{cp})^2 + \dots + (R_N - R_{cp})^2}{N-1}};$$

$$S_R = \sqrt{\frac{(R_1 - R_{cp})^2 + (R_2 - R_{cp})^2 + \dots + (R_{11} - R_{cp})^2 + \dots + (R_{20} - R_{cp})^2}{19}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(6,1 - 6,1)^2 + (5,6 - 6,1)^2 + \dots + (5,9 - 6,1)^2 + \dots + (6,2 - 6,1)^2}{19}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0,05 + 0,01 + 0,01 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,04 + 0,16 + 0,01 + \dots}{19}}$$

$$\dots + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,04 + 0,01 + 0,01 = \sqrt{\frac{0,7}{19}} \approx 0,19 \text{ (Ом)}$$

6.2.2 Среднее квадратичное отклонение.

$$S_{Rcp} = \sqrt{\frac{(R_1 - R_{cp})^2 + (R_2 - R_{cp})^2 + \dots + (R_N - R_{cp})^2}{(N-1)N}} = \frac{S_R}{\sqrt{N}}$$

$$S_{Rcp} = \frac{0,19}{\sqrt{20}} \approx 0,04 \text{ (Ом)}$$

В данной работе проводится измерение случайных чисел по всей природе физических величин: электрического сопротивления провода - R и удельного сопротивления никрома - ρ , поэтому, проверяем равенства

$$S_R \leq G_R; S_{Rcp} \leq G_R$$

$$0,19 \text{ Ом} < 0,20 \text{ Ом}, \text{ т.е. } S_R < G_R;$$

$$0,04 \text{ Ом} \ll 0,40 \text{ Ом}, \text{ т.е. } S_{Rcp} \ll G_R.$$

Получившиеся неравенства говорят о том, что в измерениях, скорее всего, нет грубых ошибок и промахов.

6.2.3 Случайные погрешности удельного сопротивления:

$$\rho = \frac{R_{cp} \pi D^2}{4l}, \rightarrow S_\rho = S_{Rcp} \frac{\pi D^2}{4l} = \frac{R_{cp} \pi D^2}{4l} \cdot \frac{S_{Rcp}}{R_{cp}}, \rightarrow S_\rho = \frac{\rho S_{Rcp}}{R_{cp}}$$

$$\bar{S}_p = \frac{S \cdot R_{cp}}{R_{cp}} = \frac{1,24 \cdot 10^{-6} \cdot 0,04}{6,1} \approx 8,1311 \cdot 10^{-9} \approx 0,008 \cdot 10^{-6} \text{ (Ом} \cdot \text{м)}$$

6.3 Полная погрешность.

В случае, когда измеряются случайные по своей природе физические величины, случайные погрешности уже учтены в систематических. Объединять их в полную погрешность не надо. Полная погрешность равна систематической погрешности.

$$\Delta_R = \Theta_R = 0,19 \text{ Ом.}$$

$$\Delta_p = \Theta_p = 0,08 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

7. Выводы

- Ознакомился с методикой обработки результатов кабельных измерений.
- Электрическое сопротивление провода $R = (6,09 \pm 0,19) \text{ Ом}$ с вероятностью $P = 95\%$.
- Удельное сопротивление материала $\rho = (1,24 \pm 0,08) \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ с вероятностью $P = 95\%$.
- Экспериментально определенное значение ρ в пределах погрешности не совпадает с табличным значением никрома $\rho_{\text{таб}} = 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.
- Из проведенных опытов видно, что каждое сопротивление в обеих таблицах, отличается от R_{cp} меньше, чем на систематическую погрешность Θ_R . Это обозначает, что электрическое сопротивление не зависит от протекающего тока и от падения напряжения на нем, т.е. справедлив закон Ома.
- Учет сопротивления амперметра приводит к поправке $0,2 \text{ Ом}$, учет сопротивления вольтметра приводит к поправке $0,02 \text{ Ом}$. Поскольку результат приходится округлять до десятых долей Ома, поправку сопротивления вольтметра по формуле (3) можно сделать. Значит, для схемы В электрическое сопротивление можно вычислять по закону Ома без ошибок.